

**PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT LIMBAH  
KERTAS UNTUK *COOLING-PAD* PADA SISTEM  
PENDINGINAN DENGAN AIR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**WISNU BAYU AJI**

**D200 12 0005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT LIMBAH KERTAS UNTUK  
*COOLING-PAD* PADA SISTEM PENDINGINAN DENGAN AIR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**WISNU BAYU AJI**

**D200 12 0005**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



**Ir. Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT LIMBAH KERTAS UNTUK COOLING-PAD PADA SISTEM PENDINGINAN DENGAN AIR

Oleh :

WISNU BAYU AJI

D200 12 0005

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 6 Maret 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ir. Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Bibit Sugito, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Agus Hariyanto, MT

(Anggota II Dewan Penguji)

()  
()  
()

Dekan,



Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK.682

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti atau ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 Maret 2019

Penulis



**WISNU BAYU AJI**

**NIM : D200 12 0005**

## **PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT LIMBAH KERTAS UNTUK COOLING-PAD PADA SISTEM PENDINGINAN DENGAN AIR**

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material komposit limbah kertas untuk cooling-pad pada system pendinginan dengan air dalam pemanfaatan limbah kertas. Alat dan bahan yang digunakan yaitu alat penekan, cetakan komposit, timbangan digital dan alat bantu lainnya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan komposit. Sedangkan bahan utama dari komposit ialah limbah kertas dan resin unsaturated polyester 157 BQTN. Hardener yang digunakan adalah MEKPO dengan konsentrasi 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan (press mold). Fraksi volume penguat komposit adalah 60% dan 70%. Spesimen dan prosedur pengujian tarik dan serapan air mengacu pada standar ASTM D 638 dan ASTM D 570. Hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan water absorption komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serbuk. Kekuatan tarik komposit memiliki harga yang paling optimum pada fraksi volume serbuk  $V_f$  60% yaitu 1,092 MPa. Penyerapan air paling optimum pada fraksi volume serbuk  $V_f$  70% dengan 15 hari perendaman yaitu 1,05%.

**Kata Kunci :** Komposit, Fraksi Volume, Uji Tarik, Uji Penyerapan Air

### **Abstract**

The objective of this study is to develop cooling pad of water cooling systems by using paper waste. Equipments and materials in the research were press machine, composite molds, digital scales and other tools needed in the composite manufacturing process. The main material was paper waste and 157 BQTN unsaturated polyester resin. The hardener used was MEKPO with a concentration of 1%. Composites material were made by press molding method. The composite volume fraction was 60 and 70%. ASTM D 638 was selected as tensile test standard. While the water absorption test was conducted by using ASTM D 570 standards. The results of this study indicated that the tensile strength and water absorption was increase along with the addition of paper waste powder volume fraction. Composite tensile strength has the most optimum price at the volume fraction of powder  $V_f$  60%, which is 1,092 MPa. Volume fraction of powder of 60% was delivered the highest tensile strength of 1,092 MPa. The highest water absorption was came from 70% volume fraction of powder. During 15 days water soak, it has 1,05% water absorption

**Keywords:** Composite, Volume Fraction, Tensile Test, Water Absorption

### **1. PENDAHULUAN**

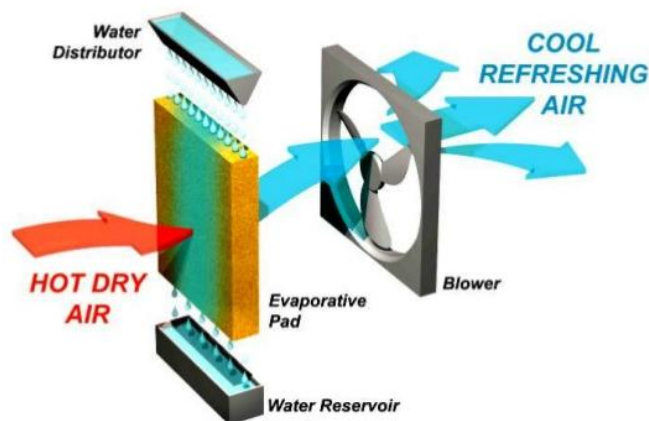
*Cooling pad* merupakan bagian yang berfungsi sebagai filter dan media pendingin pada *evaporative cooler*. *Cooling pad* digunakan untuk proses penguapan yang mengubah udara menjadi lebih sejuk. Karena adanya proses penguapan air

menjadi aliran udara maka udara di sekitarnya akan menjadi lebih sejuk. Ketika terjadi penguapan, maka energi di udara yang hilang akan menyebabkan penurunan suhu. Bahan dakron yang digunakan sebagai bahan cooling pad menghasilkan penurunan tekanan udara sehingga kecepatan udara menjadi rendah.



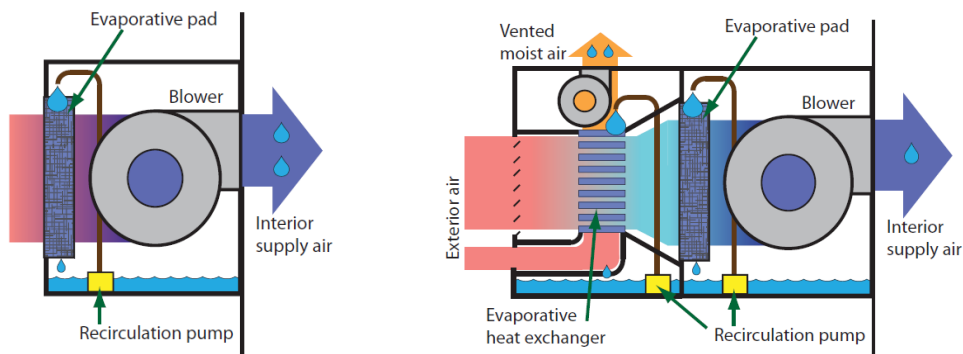
Gambar 1. *Cooling pad*

*Evaporative cooling* merupakan sistem pengkondisian udara yang menggunakan penguapan air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin daripada sebelum mengalami proses penguapan. Secara umum ada dua tipe *evaporative cooling*, yaitu *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling*. Perbedaan dasarnya adalah pada udara keluaran *direct evaporative cooling* (DEC) kelembapannya meningkat, sedangkan pada *indirect evaporative cooling* (IEC) kelembapannya konstan karena air pendinginnya tidak berkontak langsung dengan udara (Rizky Pratama Rachman, Bambang Yuniarto, 2014).



Gambar 2. *Evaporative cooling pad*

PUE tidak sama dengan AC, karena tidak menggunakan kompresor dan refrigeran sebagai zat pendingin. Pada AC kenyamanan termal dicapai dengan mensirkulasikan udara ruangan melalui evaporator sebagai alat penukar kalor, sehingga menurunkan temperatur ruangan. Sedangkan pada PUE udara mengalir melalui media pad basah sehingga temperatur udara ruangan turun, air dipompakan untuk membasahi media pad. Proses pendinginan pada PUE dapat berlangsung dengan dua cara, yaitu: proses pendinginan evaporatif secara langsung (*direct evaporative cooling*) dan proses pendinginan evaporatif secara tidak langsung (*indirect evaporative cooling*), seperti dapat dilihat pada Gambar 1.3 (enews, 2010).



(a) *Direct evaporative air cooler*      (b) *Indirect evaporative air cooler*

Gambar 3. Pendingin Udara Evaporatif / PUE (enews, 2010)

Salah satu media baca yang populer yaitu koran. Pada tahun 2006 terdapat 270 penerbit pers nasional dengan kebutuhan kertas sekitar 13.047.895 eksemplar per hari. Jawa pos memproduksi surat kabar sekitar 0,9 juta eksemplar per hari dengan jumlah kebutuhan 1.332,5 ton kertas per tahun (Irawan, 2006). Oleh karena itu perlu adanya upaya untuk memanfaatkan koran bekas menjadi barang yang mempunyai manfaat yang lebih.

Limbah kertas koran masih menjadi masalah yang dapat menimbulkan problem bagi lingkungan sekitarnya. Penanganan limbah ini masih belum terlaksana secara sempurna. Jika limbah ini ditangani dengan sungguh-sungguh maka bukan mustahil akan mendatangkan keuntungan yang besar. Limbah ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan komposit partikel yang memiliki kekuatan cukup baik. Jika material tersebut dapat diproduksi dalam skala besar maka dapat

menggantikan dakron yang biasa digunakan untuk pembuatan cooling-pad dan beberapa material lain. Dengan kemajuan teknologi berbagai partikel alami dapat digunakan sebagai bahan teknik. Penggunaan limbah kertas koran karena bahan ini sangat berlimpah dan belum dimanfaatkan secara baik, serta harganya yang murah dapat menjadi salah satu keuntungan dalam penggunaan bahan ini.

Dari uraian di atas menunjukkan bahwa penelitian komposit perlu dilakukan, maka penelitian ini tentang rekayasa komposit dengan penguat limbah kertas koran sebagai pengganti bahan *cooling pad*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan serapan air komposit dengan memanfaatkan limbah kertas koran sebagai penguat serta *polyester* sebagai matriknya.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada: Bahan penguat menggunakan limbah kertas koran bekas, Matrik yang dipakai adalah *Polyester BQTN 157* dan *Hardener MEKPO 1%*., Variasi fraksi volume  $V_f$  penguat adalah 60% dan 70%, Ukuran sampel spesimen adalah panjang 256 mm dan lebar 100 mm dengan ketebalan sesuai standar pengujian, Pembuatan komposit dengan metode cetak tekan (*Press Mold*), Pengujian tarik menggunakan standar ASTM D 638, Pengujian *water absorption* menggunakan standar ASTM D 570 dengan batas waktu perendaman air 15 hari.

Tujuan penelitian ini adalah : Mengetahui kekuatan tarik komposit pada variasi fraksi volume dengan standar ASTM D 638, Mengetahui kekuatan *water absorption* komposit pada variasi fraksi volume dengan standar ASTM D 570.

Pendingin evaporatif adalah bentuk yang sangat umum dari media pendingin untuk keperluan domestik dan industri. Sejak itu murah dan membutuhkan lebih sedikit energi daripada banyak bentuk pendinginan lainnya. Dalam pendingin evaporatif membutuhkan banyak sumber air menguap dan hanya efisien ketika kelembaban relatif rendah. Tesis ini menyelidiki sebuah kinerja pendingin gurun menggunakan enam bahan pad yang berbeda dalam hal efisiensi pendinginan pada berbagai kecepatan dan berbagai waktu. Bantalan selulosa 5090, selulosa 7090, rami, aspen, sabut kelapa dan bendung stainless steel dibuat dan diuji menggunakan pengaturan eksperimental skala laboratorium. Efisiensi maksimum yang diamati dalam selulosa 5090 (94,56%), aspen (89,88%), selulosa 7090



(84,94%), rami (76,31%), sabut kelapa (73,07%) dan bendung SS (47,61%) pada kecepatan sedang pendingin pada 670 rpm. Telah diamati bahwa efisiensi tertinggi pada interval waktu 12PM sampai 3PM dikecepatan konstan semua bantalan. Dan aspen memiliki sedikit penurunan efisiensi pendinginan pada berbagai kecepatan. Maksimum dan efisiensi pendinginan minimum ditemukan di selulosa 5090 dan stainless steel weir mesh pad masing-masing (Parmeshwar Dubey, Arvind Kumal Patel, 2015).

Pemeriksaan berat jenis bubur kertas dalam keadaan jenuh kering permukaan menunjukkan hasil sebesar 1,24 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan dalam keadaan kering oven sebesar 0,47 gram/cm<sup>3</sup> (Andang Widjaja, 2008).

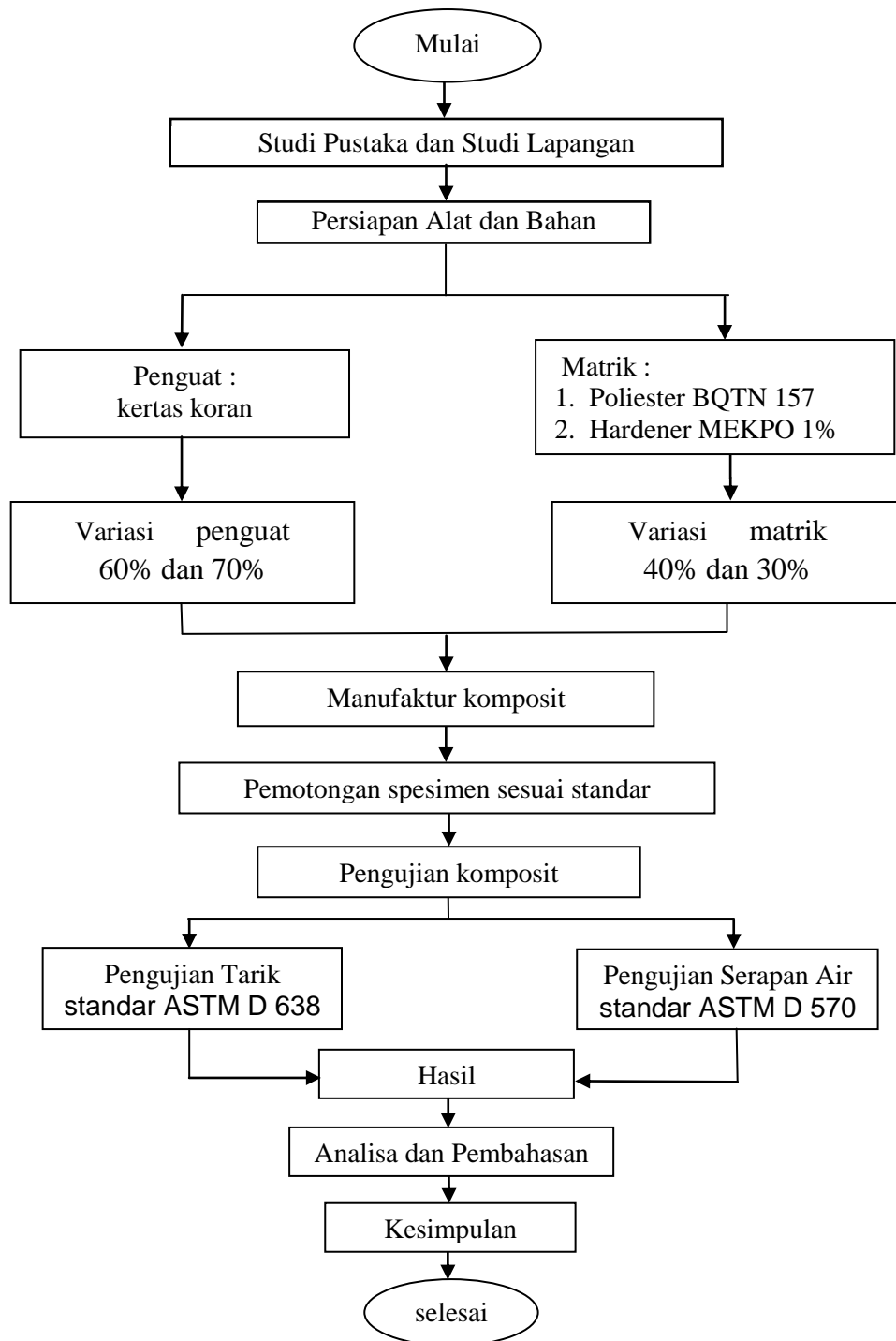
## **2. METODE**

Tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut : Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian, Membuat serbuk limbah kertas dari Koran, Menimbang bahan penelitian sesuai dengan variasi fraksi volume yang ditentukan, Membuat cetakan specimen, Proses manufaktur, Pemotongan spesimen sesuai standar, Melakukan pengujian specimen, Analisa data dari pengujian specime

Bahan yang perlu dipersiapkan dalam penelitian dala penelitian ini adalah : Serbuk limbah kertas, Katalis MEKPO (*Metyl Etyl Keton Peroksida*) dan *Resin Unsaturated Polyester 157 BQTN*.

Peralatan yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini adalah : Timbangan digital, oven, cetakan (mold and stopper ), blender, gergaji, mold release wax, alat suntik medis, gunting, penggaris, *cutter*, Doubletipe, astralon dan ember.

Untuk melakukan pengujian peralatan yang digunakan adalah : Alat uji tarik dan timbangan digital untuk uji penyerapan air.



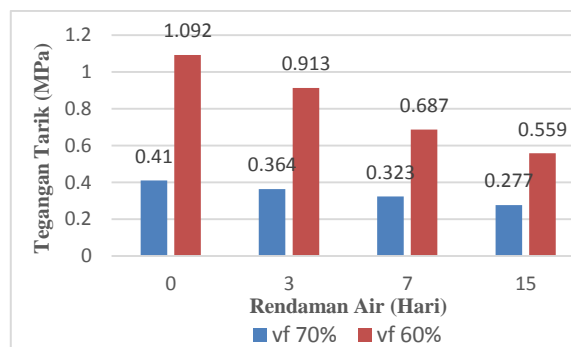
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

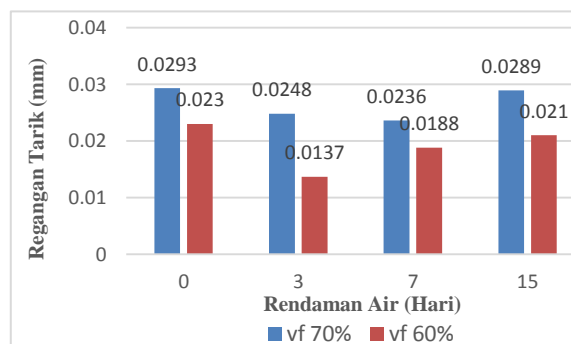
Hasil pengujian tarik dan analisis data ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan grafik tegangan, regangan dan modulus elastisitas terhadap waktu rendaman air diperlihatkan masing-masing pada gambar 5, 6 dan 7.

Tabel 1. Hasil Analisis Data Pengujian Tarik

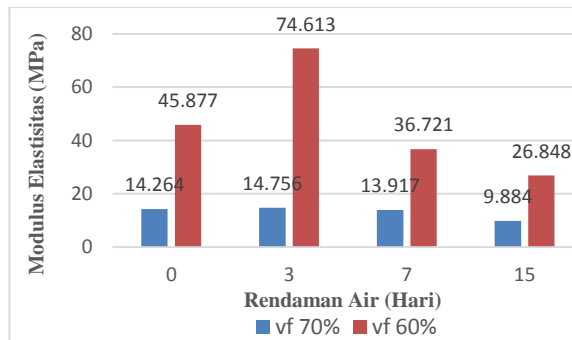
Rendaman Air (Hari)	Fraksi Volume $V_f$ (%)	Tegangan Tarik $\sigma$ (MPa)	Regangan Tarik $\varepsilon$ (mm)	Elastisitas E (MPa)
0	70	0,410	0,0293	14,264
	60	1,092	0,0230	45,877
3	70	0,364	0,0248	14,756
	60	0,913	0,0137	74,613
7	70	0,323	0,0236	13,917
	60	0,687	0,0188	36,721
15	70	0,277	0,0289	9,884
	60	0,559	0,0210	26,848



Gambar 5. Diagram Tegangan Tarik Terhadap Waktu Rendaman Air



Gambar 6. Diagram Regangan Tarik Terhadap Waktu Rendaman Air



Gambar 7. Diagram Modulus Elastisitas Terhadap Waktu Rendaman Air

Pada grafik diatas menunjukan modulus elastisitas tertinggi tanpa direndam air pada fraksi volume 60% sebesar 45,877 MPa, sedangkan modulus elastisitas terendah pada fraksi volume 70% sebesar 14,264 MPa. Pada rendaman air selama 3 hari modulus elastisitas tertinggi pada fraksi volume 60% sebesar 74,613 MPa, sedangkan modulus elastisitas terendah pada fraksi volume 70% sebesar 14,756 MPa. Pada rendaman air selama 7 hari modulus elastisitas tertinggi pada fraksi volume 60% sebesar 36,721 Mpa, sedangkan modulus elastisitas terendah pada fraksi volume 70% sebesar 13,917 MPa. Pada rendaman air selama 15 hari modulus elastisitas tertinggi pada fraksi volume 60% sebesar 26,848 Mpa, sedangkan modulus elastisitas terendah pada fraksi volume 70% sebesar 9,884 MPa.

Komposisi limbah kertas yang berlebih dan void di indikasikan mengakibatkan ikatan limbah kertas sebagai penguat dengan matrik dari resin dan katalis belum terjadi secara sempurna. Adanya void dan kotoran pada spesimen juga menurunkan kekuatan tarik komposit tersebut.

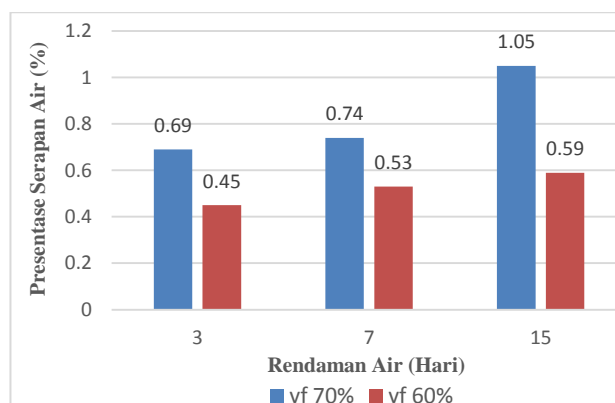
Berdasarkan hasil pengujian tarik tersebut bahwa kekuatan tarik rata-rata terbaik diketahui fraksi volume pada komposisi 60% limbah kertas, 40% resin dan katalis dikarenakan ikatan antara matrik dan serbuk lebih sempurna. Sedangkan kekuatan tarik terendah fraksi volume komposisi 70% limbah kertas, 30% resin dan katalis dikarenakan jumlah limbah kertas yang terlalu banyak sehingga matrik tidak dapat mengikat secara sempurna. Dari grafik tersebut diketahui bahwa semakin lama material direndam di dalam air semakin menurun juga kekuatan

tariknya. Pada spesimen 70% limbah kertas penurunan kekuatan material disebabkan karena banyaknya void pada spesimen. Sedangkan pada spesimen selain 70% limbah kertas penurunan kekuatan tarik material disebabkan karena adanya limbah kertas yang mempunyai sifat dapat menyerap air. Semakin menurunnya kekuatan material disebabkan karena faktor kelambaban dan serapan air .

Hasil pengujian serapan air dan analisis data ditunjukkan pada tabel 2, sedangkan grafik nilai persentase rendaman air dan fraksi volume terhadap waktu rendaman air diperlihatkan masing-masing pada gambar 8.

Tabel 2. Hasil Analisis Data Pengujian Serapan Air

Wakt Rendaman Air (Hari)	Fraksi Volume Serbuk (%)	Persentase Serapan Air (%)
3	70	0,69
	60	0,45
7	70	0,74
	60	0,53
15	70	1,05
	60	0,59



Gambar 8. Diagram Nilai Persentase Serapan Air Terhadap waktu rendaman air

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai serapan air selama 3 hari nilai serapan air terbaik pada komposisi fraksi volume 70% sebesar 0,69, sedangkan nilai serapan air terendah pada komposisi fraksi volume 60% sebesar 0,45. Pada rendaman air selama 7 hari nilai serapan air terbaik pada fraksi volume 70%

sebesar 0,74, sedangkan serapan air terendah pada fraksi volume 60% sebesar 0,53. Pada rendaman air selama 15 hari nilai serapan air terbaik pada fraksi volume 70% sebesar 1,05, sedangkan serapan air terendah pada fraksi volume 60% sebesar 0,59.

Semakin lama perendaman komposit semakin banyak penyerapan air dan penurunan kekuatannya. Salah satu penyebabnya karena masih banyaknya rongga udara antar ikatan material komposit serta sifat dari material itu sendiri yang dapat menyerap air. Hal ini dibuktikan dengan pengujian serapan air. Material dengan 70% resin, 30% limbah kertas memiliki daya serap air terbaik tetapi juga menurunkan kekuatan material tersebut. Hal ini dibuktikan dalam pengujian sebelumnya. Sedangkan 60% resin, 40% limbah kertas serapan air rendah tetapi penurunan kekuatan material disebabkan karena adanya void pada spesimen. Semakin banyak komposisi limbah kertas semakin baik juga daya serap material.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian serapan air sebenarnya digunakan untuk menganalisa hubungan antara kekuatan tarik komposit dengan persentase serapan airnya. Dari hasil pengujian ini nilai serapan air berbanding terbalik dengan nilai kekuatan tarik komposit.

#### **4. PENUTUP**

Hasil dari analisa, pengujian komposit dan pembahasan, maka dapat ditarik suatu kesimpulan yaitu: Dari hasil pengujian tarik, kekuatan tarik maksimum rata-rata terjadi pada komposit dengan fraksi volume 60% limbah kertas 40% resin dan katalis dengan tegangan tarik maksimum sebesar 1,092 MPa tanpa perlakuan rendaman air, 0,913 MPa saat direndam air selama 3 hari, 0,687 MPa saat direndam 7 hari, dan 0,559 MPa saat direndam 15 hari. Regangan tertinggi rata-rata terjadi pada fraksi volume 70% limbah kertas 30% resin dan katalis sebesar 0,0293mm tanpa perlakuan rendaman air, 0,0248mm saat direndam air selama 3 hari, 0,0236mm saat direndam air selama 7 hari, dan 0,0289mm saat direndam air selama 15 hari. Jika diterapkan untuk pembuatan *cooling-pad* berbahan dasar penguat kertas menurut hasil pengujian kekuatan tarik akan lebih baik menggunakan fraksi volume 60%., Dari hasil data perendaman air di dapatkan rata – rata daya serap terbaik pada komposit dengan fraksi volume 70% limbah

kertas dan 30% resin dan katalis. Semakin banyaknya jumlah limbah kertas / *filler* pada komposit semakin meningkatkan daya serap air material itu sendiri, dibuktikan dengan menaikinya prosentase serapan air fraksi volume 70% saat rendaman 3 hari sebesar 0,69%, saat rendaman 7 hari sebesar 0,74%, dan saat rendaman 15 hari sebesar 1,05%. Dari hasil pengujian bahwa komposit limbah kertas dapat menyerap air maka komposit limbah kertas bisa dijadikan sebagai pengganti material *cooling-pad*.

Untuk lebih mengembangkan pemanfaatan limbah kertas khususnya kertas koran bekas sebagai bahan komposit, maka penulis memberikan saran : Membersihkan bahan dan cetakan dalam pembuatan spesimen untuk mengurangi adanya cacat pada hasil pembuatan specimen, Menambah variasi pembuatan komposit untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal, Meminimalkan adanya rongga udara (void) pada komposit yang dibuat sehingga akan meningkatkan kemampuannya. Mencari alternative proses pembuatan / pencampur komposit sebelum dituang pada cetakan agar lebih efektif.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- ASTM. D 570-98 *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*. 100 Barr Harbor, West Conshohocken, PA : United States
- ASTM. D 638-02 *Standart test method for tensile properties of plastics*. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.
- Dubey, P, Patel, AK. 2015. *Experimental Analysis of Various Cooling Pads in Evaporative Cooling System*. Internasional Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, ISSN:2278-621X, Volume 6, Issue 2 November 2015. pp.302-314.
- Enews, 2010, [www.energydesignresources.com](http://www.energydesignresources.com), *Energy Design Resources*, enews no. 71.
- Gibson, F. R., 1994, *Principles of Compositide Material Mechanic*, International Editio, McGraw-Hill Inc, New York.
- Hapsoro, DS. 2010. *Pengaruh Kandungan Lem Kanji Terhadap Sifat Tarik dan Densitas Komposit Koran Bekas* [skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret Surakarta.

- Jones, M. R., 1975, *Mechanics of Composite Materials*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- Prihartini, I. 2017. *Sifat Fisis-Mekanis Papan Komposit Campuran Partikel Kayu Sengon dan Kertas Koran* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Putra, TD, Finahari, N. 2011. *Pengaruh Perubahan Temperatur Media Pendingin Pada Direct Evaporative Cooler*. Journal PROTON, Volume 3, Nomer 1.
- Rachman, RP, Yuniarto, B. 2014. *Pengaruh Jenis Sprayer Terhadap Efektivitas Direct Evaporative Cooling Dengan Cooling Pad Serabut Kelapa* [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Widjaja, A. 2008. *Limbah Bubur Kertas Untuk Papan Beton* [skripsi]. Surabaya (ID): Universita Negeri Surabaya.